Ueber die

Wärmeproduction der Kaninchen

bei

verschiedener Umgebungstemperatur.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der medicinischen Doctorwürde

einer hohen medicinischen Facultät

der Kgl. bayer. Friedrich-Alexanders-Universität zu Erlangen

vorgelegt von

Jakob Dürrbeck

aus Hetzlas

am 9. März 1889.

MÜNCHEN

Jos. Ant. Finsterlin

1889.

Ueber die

Wärmeproduction der Kaninchen

bei

verschiedener Umgebungstemperatur.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der medicinischen Doctorwürde

einer hohen medicinischen Facultät

der Kgl. bayer. Friedrich-Alexanders-Universität zu Erlangen

vorgelegt von

Jakob Dürrbeck
aus Hetzlas

am 9. März 1889.

MÜNCHEN
Jos. Ant. Finsterlin
1889.

Gedruckt mit Genehmigung der medicin. Facultät zu Erlangen.

Referent: *Professor Dr. J. Rosenthal.*

Akademische Buchdruckerei von F. Straub in München.

Dass jeder menschliche wie thierische Organismus Wärme erzeugt, ist eine Thatsache, die schon den ältesten Forschern bekannt war. Auf die Wärme bezw. auf das Feuer führten sie alle Erscheinungen des Lebens zurück.

Was aber den Ursprung dieser thierischen Wärme anlangt, so mussten sie sich, wie es in der Natur der Sache liegt, auf Vermuthungen beschränken.

Die erste Hypothese über die Wärmequellen stammt von Aristoteles, der sich die Wärmeproduction abhängig dachte von der Herzthätigkeit. Nach ihm bereitet das Herz in sich die Wärme, die nun durch das Blut allen Körpertheilen mitgetheilt wird.

Diese Ansicht, die in ähnlicher Weise bei Hippokrates, Plato und Galen anzutreffen ist, blieb lange Zeit die dominirende, und findet sich zuletzt noch bei Cartesius und Bartholinus (1667), wo von einer »flammula cordis« die Rede ist.

Andere Vermuthungen über die Quellen der Wärme wurden ausgesprochen von der iatromechanischen und der iatrochemischen Schule. Die Vertreter der ersteren, worunter vorzüglich zu nennen sind Boerhave und van Swieten führten die Wärmeproduction auf eine Reibung des Blutes an den Gefässwänden zurück, also auf physikalische Vorgänge.

Dieser Ansicht traten entgegen die Anhänger der iatrochemischen Schule, van Helmont, Sylvius und Ettmüller. Sie suchten die Wärmeproduction von chemischen Vorgängen abzuleiten, von Gärungen, welche durch den Eintritt der resorbirten Nährstoffe in das Blut entständen. Erst nach Entdeckung des Thermometers durch Galilei (1592—1597) konnte man daran denken, durch genaue Messungen Einblick in diese

Sache bekommen zu können. Als erster, der praktisch mit dem Thermometer arbeitete, muss Sanctorius (1626) genannt werden. Von ihm stammen die ersten thermometrischen Messungen am Kranken her.

An die Erfindung des Thermometers und die damit angestellten Untersuchungen knüpfen sich natürlich neue Theorien über den Ursprung der Wärme. Sie alle aber aufzuzählen, würde zu weit führen.

Erwähnt sei nur die Theorie von Mayow, der die Behauptung aufstellt, die Wärmeproduction des thierischen Organismus sei ein dem gewöhnlichen Verbrennungsprocess ganz analoger Vorgang, der durch Verbindung der particulae nitro-aëreae der Luft mit dem Blute in den Lungen zu Stande komme.

Mayow streifte somit sehr nahe an die Theorie Lavoisier's.

Dieser Forscher trat im Jahre 1772 mit der Behauptung auf, der grösste Theil der thierischen Wärme beruhe auf einer Verbrennung des Kohlenstoffes in der Lunge.

Lavoisier war es auch, der in Gemeinschaft mit Laplace die ersten calorimetrischen Untersuchungen anstellte. Dazu benützten sie das von ihnen construirte Eiscalorimeter, bei dem die vom Thiere abgegebene Wärmemenge durch die Quantität des geschmolzenen Eises bestimmt wird. Andere Apparate, zur Wärmemessung bestimmt, wurden angegeben von Favre und Silbermann, von Dulong, Depretz und Senator, von Bunsen, Leyden und Anderen.

Erwähnt sei noch das Rosenthal'sche Verdampfungscalorimeter, dessen Princip darauf beruht, dass zum Verdampfen einer bestimmten Flüssigkeitsmenge eine bestimmte Wärmemenge nothwendig ist.

Nach diesem kurzen geschichtlichen Ueberblick will ich jetzt zur Beschreibung eines neuen, von Herrn Prof. Dr. J. Rosenthal zusammengestellten Calorimeters übergehen.

Beschreibung des Calorimeters.

Das mir von Herrn Prof. Dr. J. Rosenthal zu vorliegenden Versuchen zur Verfügung gestellte Calorimeter ist das sogenannte kleine Luftcalorimeter.

Es besteht im Wesentlichen aus 2 Systemen von je 3 in einander gefügten Cylindern aus Zinkblech. Die Länge der Cylinder beträgt 72 cm, der Durchmesser des grössten Cylinders 34 cm.

Der äussere und mittlere Cylinder sind derartig mit einander verbunden, dass der Zwischenraum zwischen beiden bis auf zwei oben und unten am Cylinder angebrachte Oeffnungen vollständig von der äusseren Luft abgeschlossen ist; der Zwischenraum zwischen mittlerem und innerem Cylinder kann durch Messinghähne, die an beiden Systemen angebracht sind, mit der Umgebungsluft in Verbindung gebracht werden.

Von Bedeutung für die mit dem Luftcalorimeter angestellten Versuche ist nur der Raum zwischen mittlerem und innerem Cylinder. Der äussere Zwischenraum hat lediglich die Aufgabe zu erfüllen, den Einfluss der Umgebungstemperatur auf die im innern Raum eingeschlossene Luft nach Kräften abzuschwächen.

Der Zwischenraum zwischen mittlerem und innerem Cylinder des einen Systemes ist mit dem des andern durch ein mit Petroleum gefülltes und mit einer in Centimeter und halbe Centimeter getheilten Scala versehenes, Manometer verbunden.

Die das Manometer bildende Glasröhre hat einen Durchmesser von 1,4 mm im Lichten. Das Petroleum ist, um den Manometerstand besser ablesen zu können, mit Azobenzol starkroth gefärbt. In dieselben Räume, in die das Manometer mündet, sind auch zwei in Zehntel-Grade eingetheilte Thermometer eingesenkt.

Die beiden so mit einander durch das Manometer verbundenen, sonst aber nach Verschluss der oben erwähnten Hähne von der Aussenluft abgeschlossenen Lufträume bilden demnach ein Differenzial-Luftthermometer, und die Manometerausschläge zeigen direct die Temperaturdifferenz der beiden Lufträume an. Jedes der beiden Cylindersysteme aber bildet für sich ein Luftthermometer.

Der Durchmesser des inneren Cylinders ist so gross, dass ein kleineres Thier, z. B. ein Kaninchen, gut Platz hat in seinem Innern. Um zu verhindern, dass das Thier weiter gegen die Cylinderöffnung vorrücken kann, wurde es in der ersten Reihe unserer später mitzutheilenden Versuche durch ein Kreuz von Eisenblech, das an einem starken langen Stiel befestigt ist, in den hinteren Raum des Cylinders gedrängt. Dadurch wird der Verlust an producirter Wärme so viel als möglich verringert, indem der vordere Theil des Luftraumes als Isolator dient.

Nachdem nun die Construction des Calorimeters bekannt ist, will ich zur Vorbereitung und Ausführung der Versuche gehen.

Auf Anregung des Herrn Prof. Dr. J. Rosenthal habe ich es unternommen, durch Thierexperimente vermittelst genannten Calorimeters festzustellen, ob und wie weit die Verschiedenheit der Umgebungstemperatur einen Einfluss auf die Wärmeproduction ausübt.

Von Herrn Prof. Dr. J. Rosenthal wurden selbst schon Versuche mit diesem und einem ähnlichen, aber grösseren Apparate angestellt, so z. B. über den Einfluss der Körpergrösse und der Ernährung auf die Wärmeproduction[1]). Mit dem auch von mir benutzten kleineren Apparat haben Herr Dr. Karl Rosenthal über die Wärmeproduction und Wärmeabgabe des Armes an Gesunden und Kranken[2]), ferner Herr Dr. Zenetti über Wärmeproduction und Wärmeabgabe der Kaninchen unter dem Einflusse verschiedener äusserer Verhältnisse Versuche gemacht.

Ausführung der Experimente.

Als Objecte bei den Versuchen wurden Kaninchen von mittlerer Grösse benützt, so dass sie gut im Cylinder sitzen konnten, ohne in der Ausführung mässiger Bewegungen gehindert zu sein. Nachdem der Apparat längere Zeit bei geöffneten Hähnen im Zimmer unbenutzt gestanden, so dass man annehmen konnte, dass die Temperatur im mittleren Calorimeterraume und im Zimmer die gleiche sei, wurde die Temperatur des Zimmers, des Apparates an beiden in denselben eingesenkten Thermometern, sowie der Barometerstand abgelesen und notirt. Der Thermometerstand im Zimmer und am Apparate darf, wenn der Versuch Anspruch auf Zuverlässigkeit haben soll, nur wenig verschieden sein; ebenso müssen die beiden Apparatthermometer unter sich möglichst übereinstimmen. Ist dies geschehen, so werden die Hähne des Apparates geschlossen, das Thier in den Cylinder gebracht und das oben beschriebene Kreuz eingeführt.

Nun beginnt sofort das Steigen des Manometers, im Anfange sehr rasch, dann immer langsamer, und nach einer gewissen Zeit behält es seinen festen Stand bei. Das Steigen und schliessliche Stehenbleiben des Manometers kommt auf folgende Weise zu Stande:

---

1) Archiv für Anatomie und Physiologie 1889. Physiologische Abtheilung, S. 1 ff.

2) Ebenda 1888, S. 1 ff.

Sobald man das Thier in einen der beiden inneren Cylinder gebracht hat, wird die von demselben abgegebene Wärme die Temperatur des inneren Cylinders und sehr rasch auch die des Raumes zwischen innerem und mittlerem erhöhen. Diese Erhöhung der Temperatur in dem mittleren Raume hat aber eine Druckzunahme der erwärmten Luft zur Folge, wodurch die Manometerflüssigkeit auf der einen Seite herab, auf der andern hinaufgedrückt wird. Der Manometerstand erreicht schliesslich ein Maximum, wenn die Wärmeabgabe des Thieres und die der Cylinder im Gleichgewicht sich befinden.

Sobald das Manometer still steht, das Maximum also erreicht ist, ist der Versuch als vollendet anzusehen. Es erübrigt nur noch die Umrechnung des Experimentes.

Diese geschieht nach der von Herrn Prof. Dr. J. Rosenthal aufgestellten Formel, welche lautet:

$$n = W = E.\,m.\,\frac{T_a}{b_a}$$

wobei n die Wärmeproduction, W die Wärmeabgabe, m den Manometerstand, T_a die Anfangstemperatur nach der absoluten Scala, b_a den Barometerstand, und E einen constanten Factor bedeutet.

In Worte umgesetzt lautet die Formel: Die mit dem Luftcalorimeter zu bestimmende Wärmeproduction ist proportional dem Manometerausschlag und der absoluten Temperatur und umgekehrt proportional dem Barometerstand zu Beginn des Versuches. Sie wird in Secunden-Calorien ausgedrückt gefunden, wenn man den beobachteten Manometerausschlag (m) multiplicirt mit dem constanten Factor E und mit der absoluten Temperatur der Luft zu Anfang des Versuches, und dividirt durch den Barometerdruck zu Anfang des Versuches.

Vor der Berechnung wird der Barometerstand nach Bunsen's Tafel zur Reduction der Barometerablesung an gläserner Scala auf 0° C reducirt, sowie die Temperatur durch Addition von 272,6 in eine absolute verwandelt. Ich werde nun die Versuche in der Reihenfolge, wie dieselben gemacht wurden, und am Schlusse einer jeden Versuchsreihe eine übersichtliche Zusammenstellung des Resultates der einzelnen Experimente geben.

Zur leichteren Orientirung will ich noch die Bedeutung der in den einzelnen Columnen stehenden Zahlen beifügen.

In der ersten Columne steht die Zeit, zu welcher die Ablesungen gemacht wurden, Columne 2 und 3 zeigt den jeweiligen

Thermometerstand an beiden Cylindersystemen an, Columne 4 die von 10 zu 10 Minuten abgelesene Manometerstandsdifferenz. Die Berechnungen sollen der Vollständigkeit halber beigefügt werden.

Erste Versuchsreihe.

I. Versuch
im geheizten Zimmer gemacht.

Barometerstand 746. Temperatur des Barometers 17,1° C.

Zeit	Rechtes Thermometer	Linkes Thermometer	Manometer-stand
2h 25″	17,1	16,7	—
2 35	19,5	16,8	146
2 45	22,0	17,1	232
2 55	22,6	17,2	261
3 05	23,2	17,3	285
3 15	23,3	17,3	291
3 25	23,5	17,3	296
3 35	24,0	17,4	296
3 45	24,1	17,5	296

Das Manometer hat den höchsten Stand nach 50 Minuten erreicht.

Die Berechnung ergibt für diesen Versuch

$$\log E = 0{,}34294-2$$
$$\log m = 2{,}47129$$
$$\log T_a = 2{,}46195$$
$$10 - \log b_a = 7{,}12843-10$$
$$\log n = 0{,}40461$$
$$n = 2{,}541 \text{ Sec.-Cal.}$$

Das Kaninchen hat also 2,541 Secundencalorien producirt.

II. Versuch
im ungeheizten Zimmer angestellt.

Barometerstand 736,0. Temperatur des Barometers 12,5° C.

Zeit	Rechtes Thermometer	Linkes Thermometer	Manometer-stand
2h 15″	11,8	11,7	—
2 25	14,0	11,8	126
2 35	16,1	11,9	205

Zeit	Rechtes Thermometer	Linkes Thermometer	Manometer-stand
2h 45″	17,2	11,9	258
2 55	17,8	12,0	282
3 05	18,3	12,1	301
3 15	18,6	12,1	310
3 25	18,8	12,2	314
3 35	19,1	12,3	319
3 45	19,9	12,4	319
3 55	20,1	12,4	319

Maximum des Manometerstandes nach 80 Minuten erreicht.

Berechnung:

$$\log E = 0{,}34294 - 2$$
$$\log m = 2{,}56702$$
$$\log T_a = 2{,}45392$$
$$10 - \log b_a = 7{,}86599 - 10$$
$$\log n = 0{,}21987$$
$$n = 1{,}659 \text{ Sec.-Cal.}$$

III. Versuch
im ungeheizten Zimmer angestellt.

Barometerstand 738,5. Temperatur des Barometers 12,4° C.

Zeit	Rechtes Thermometer	Linkes Thermometer	Manometer-stand
2h 15″	11,6	11,5	—
2 25	13,6	11,6	88
2 35	14,6	11,6	132
2 45	15,0	11,7	167
2 55	15,4	11,8	171
3 05	15,4	11,9	179
3 15	15,5	12,0	181
3 25	15,7	12,1	185
3 35	15,8	12,1	185
3 45	15,8	12,1	185

Maximum des Manometerstandes nach 60 Minuten erreicht.

Berechnung:

$$\log E = 0{,}34294 - 2$$
$$\log m = 2{,}26717$$
$$\log T_a = 2{,}45515$$
$$10 - \log b_a = 7{,}13907 - 10$$
$$\log n = 0{,}20432$$
$$n = 1{,}600 \text{ Sec.-Cal.}$$

IV. Versuch
im ungeheizten Zimmer angestellt.

Barometerstand 728,5. Temperatur des Barometers 11,7° C.

Zeit	Rechtes Thermometer	Linkes Thermometer	Manometer-stand
2h 15″	10,8	10,7	—
2 25	12.3	10,8	76
2 35	13,6	10,9	123
2 45	13,9	11,0	153
2 55	14,3	11,0	164
3 05	14,4	11,0	177
3 15	14,5	11,0	184
3 25	14,7	11,8	184
3 35	14,9	11,8	184

Maximum des Manometerstandes nach 60 Minuten erreicht.
Berechnung:

$$\log E = 0{,}34294 - 2$$
$$\log m = 2{,}26482$$
$$\log T_a = 2{,}45239$$
$$10 - \log b_a = 7{,}13847 - 10$$
$$\log n = 0{,}19882$$
$$n = 1{,}5806 \text{ Sec.-Cal.}$$

V. Versuch
im geheizten Zimmer angestellt.

Barometerstand 728,5. Temperatur des Barometers 15,8° C.

Zeit	Rechtes Thermometer	Linkes Thermometer	Manometer-stand
2h 15″	15,3	15,2	—
2 25	18,0	16,0	112
2 35	20,4	16,8	197
2 45	21,7	17,5	257
2 55	22,9	18,1	288
3 05	23,8	18,5	305
3 15	24,2	18,5	295
3 25	24,2	18,5	295
3 35	24,2	18,5	295

Das Maximum des Manometerstandes nach 50 Minuten erreicht.

Das zwischen 2^h 55″ und 3^h 05″ eingetretene, und von einem spätern Sinken begleitete Steigen des Manometers rührt von einer sehr lebhaften Bewegung des Thieres im Calorimeter her. Derartige geringe Schwankungen wiederholen sich öfter, sind aber von keinerlei Bedeutung.

Berechnung:

$$\log E = 0{,}34294 - 2$$
$$\log m = 2{,}46982$$
$$\log T_a = 2{,}45924$$
$$10 - \log b_a = 7{,}13176 - 10$$
$$\log n = 0{,}40376$$
$$n = 2{,}575 \text{ Sec.-Cal.}$$

VI. Versuch
im ungeheizten Zimmer angestellt.

Barometerstand 739. Temperatur des Barometers 9,3° C.

Zeit	Rechtes Thermometer	Linkes Thermometer	Manometer-stand
1^h 30″	9,2	9,0	—
1 40	12,5	9,1	86
1 50	13,4	9,1	137
2 00	14,1	9,1	175
2 10	14,5	9,1	195
2 20	14,7	9,1	203
2 30	14,9	9,1	210
2 40	15,1	9,1	210
2 50	15,3	9,1	210

Maximum des Manometerstandes erreicht nach 60 Minuten.

Berechnung:

$$\log E = 0{,}34294 - 2$$
$$\log m = 2{,}32221$$
$$\log T_a = 2{,}44994$$
$$10 - \log b_a = 7{,}12814 - 10$$
$$\log n = 0{,}24323$$
$$n = 1{,}7508 \text{ Sec.-Cal.}$$

VII. Versuch
im ungeheizten Zimmer angestellt.

Barometerstand 747,0. Temperatur des Barometers 5,1° C.

Zeit	Rechtes Thermometer	Linkes Thermometer	Manometer-stand
2h 00″	4,0	4,1	—
2 10	6,1	4,2	111
2 20	8,3	4,3	208
2 30	9,5	4,4	248
2 40	10,2	4,5	273
2 50	10,8	4,6	295
3 00	10,8	4,6	290
3 10	10,8	4,6	290
3 20	10,8	4,6	290

Maximum des Manometerstandes erreicht nach 60 Minuten.

Hier haben wir wieder die schon beim V. Versuche erwähnte Erscheinung, dass nämlich das Manometer vor erreichtem Stillstand etwas höher steht, als wenn es bei diesem angelangt ist.

Berechnung:

$$\log E = 0{,}34204 - 2$$
$$\log m = 2{,}46239$$
$$\log T_a = 2{,}44185$$
$$10 - \log b_a = 7{,}12727 - 10$$
$$\log n = 0{,}37345$$
$$n = 2{,}363 \text{ Sec.-Cal.}$$

VIII. Versuch
im geheizten Zimmer angestellt.

Barometerstand 758,5. Temperatur des Barometers 18,6° C.

Zeit	Rechtes Thermometer	Linkes Thermometer	Manometer-stand
2h 00″	19,0	18,5	—
2 10	21,2	18,5	140
2 20	22,3	18,5	193
2 30	23,0	18,6	240
2 40	23,2	18,6	258
2 50	23,5	18,7	279

Zeit	Rechtes Thermometer	Linkes Thermometer	Manometer-stand
3h 00″	24,0	18,8	281
3 10	24,3	18,8	285
3 20	24,7	19,9	295
3 30	25,1	19,0	300
3 40	25,2	19,0	300
3 50	25,3	19,0	300

Maximum des Manometerstandes erreicht nach 80 Minuten.

Berechnung:

$$\log E = 0{,}34294-2$$
$$\log m = 2{,}47712$$
$$\log T_a = 2{,}46478$$
$$10-\log b_a = 7{,}12178-10$$
$$\log n = 0{,}40662$$
$$n = 2{,}550 \text{ Sec.-Cal.}$$

IX. Versuch

im ungeheizten Zimmer angestellt.

Barometerstand 757,5. Temperatur des Barometers 7,0° C.

Zeit	Rechtes Thermometer	Linkes Thermometer	Manometer-stand
9h 00″	7,0	6,9	—
9 10	9,5	7,0	119
9 20	10,6	7,0	174
9 30	11,1	7,0	203
9 40	11,8	7,1	226
9 50	12,1	7,1	235
10 00	12,3	7,2	250
10 10	12,6	7,3	257
10 20	12,7	7,3	260
10 30	12,8	7,4	260
10 40	12,9	7,4	260

Das Maximum des Manometerstandes nach 80 Minuten erreicht.

Berechnung:

$$\log E = 0{,}34294-2$$
$$\log m = 2{,}41497$$
$$\log T_a = 2{,}44653$$
$$10-\log b_a = 7{,}11976-10$$
$$\log n = 0{,}32420$$
$$n = 2{,}109 \text{ Sec.-Cal.}$$

X. Versuch
im ungeheizten Zimmer angestellt.
Barometerstand 745,5. Temperatur des Barometers 7,2 ° C.

Zeit	Rechtes Thermometer	Linkes Thermometer	Manometer-stand
1 h 55″	6,1	6,0	—
2 05	8,1	6,0	145
2 15	11,5	6,1	250
2 25	12,4	6,2	287
2 35	13,0	6,2	318
2 45	13,2	6,2	325
2 55	13,2	6,2	325
3 05	13,3	6,2	325

Das Maximum des Manometerstandes nach 50 Minuten erreicht.

Berechnung:

$$\log E = 0{,}34294 - 2$$
$$\log m = 2{,}51188$$
$$\log T_a = 2{,}44513$$
$$10 - \log b_a = 7{,}12814 - 10$$
$$\log n = 0{,}42809$$
$$n = 2{,}268 \text{ Sec.-Cal.}$$

XI. Versuch
im geheizten Zimmer angestellt.
Barometerstand 731,0. Temperatur des Barometers 13,9 ° C.

Zeit	Rechtes Thermometer	Linkes Thermometer	Manometer-stand
2 h 20″	13,3	13,2	—
2 30	14,9	13,3	94
2 40	16,1	13,4	132
2 50	17,1	13,5	147
3 00	17,4	13,6	171
3 10	17,4	13,7	177
3 20	18,1	13,7	177
3 30	18,8	13,7	177

Das Maximum des Manometerstandes nach 50 Minuten erreicht.

Berechnung:

$$\log E = 0{,}34294-2$$
$$\log m = 2{,}44248$$
$$\log T_a = 2{,}45621$$
$$10-\log b_a = 7{,}13727-10$$
$$\log n = 0{,}37890$$
$$n = 2{,}393 \text{ Sec.-Cal.}$$

XII. Versuch
im ungeheizten Zimmer angestellt.

Barometerstand 746. Temperatur des Barometers 8,9° C.

Zeit	Rechtes Thermometer	Linkes Thermometer	Manometerstand
2h 15″	8,4	8,2	—
2 25	9,7	8,3	110
2 35	11,2	8,4	162
2 45	13,5	8,4	192
2 55	14,3	8,5	208
3 05	15,8	8,5	221
3 15	15.9	8,5	221
3 25	15,9	8,5	221

Das Maximum des Manometerstandes nach 50 Minuten erreicht.

Berechnung:

$$\log E = 0{,}34294-2$$
$$\log m = 2{,}34439$$
$$\log T_a = 2{,}44716$$
$$10-\log b_a = 7{,}12668-10$$
$$\log n = 0{,}26117$$
$$n = 1{,}827 \text{ Sec.-Cal.}$$

XIII. Versuch
im geheizten Zimmer angestellt.

Barometerstand 759. Temperatur des Barometers 19,6° C.

Zeit	Rechtes Thermometer	Linkes Thermometer	Manometerstand
2h 00″	21,3	21,2	—
2 10	23,1	21,2	132
2 20	24,5	21,3	187

Zeit	Rechtes Thermometer	Linkes Thermometer	Manometer-stand
2h 30″	24,9	21,3	211
2 40	25,2	21,4	228
2 50	25,7	21,4	289
3 00	25,8	21,5	329
3 10	25,9	21,5	329
3 20	25,9	21,5	329

Das Maximum des Manometerstandes ist erreicht nach 60 Minuten.

Berechnung:

$$\log E = 0{,}34294 - 2$$
$$\log m = 2{,}51720$$
$$\log T_a = 2{,}46568$$
$$10 - \log b_a = 7{,}12053 - 10$$
$$\log n = 0{,}44615$$
$$n = 2{,}794 \text{ Sec.-Cal.}$$

XIV. Versuch
im ungeheizten Zimmer angestellt.

Barometerstand 752,3. Temperatur des Barometers 4,1 ° C.

Zeit	Rechtes Thermometer	Linkes Thermometer	Manometer-stand
2h 10″	3,9	3,8	—
2 20	4,2	3,8	160
2 30	4,9	3,9	189
2 40	5,8	3,9	213
2 50	6,5	3,9	241
3 00	7,3	4,0	277
3 10	9,4	4,0	315
3 20	9,8	4,0	315
3 30	10,7	4,0	315

Das Maximum des Manometerstandes nach 60 Minuten erreicht.

Berechnung:

$$\log E = 0{,}34294 - 2$$
$$\log m = 2{,}49831$$
$$\log T_a = 2{,}44154$$
$$10 - \log b_a = 7{,}12378 - 10$$
$$\log n = 0{,}40657$$
$$n = 2{,}550 \text{ Sec.-Cal.}$$

XV. Versuch
im geheizten Zimmer angestellt.

Barometerstand 749,0. Temperatur des Barometers 14,7° C.

Zeit	Rechtes Thermometer	Linkes Thermometer	Manometerstand
2h 10″	14,3	14,2	—
2 20	15,2	14,3	140
2 30	15,7	14,3	189
2 40	16,2	14,4	212
2 50	16,7	14,4	261
3 00	18,5	14,4	289
3 10	19,2	14,5	302
3 20	19,3	14,5	302
3 30	19,4	14,5	302

Das Maximum des Manometerstandes nach 60 Minuten erreicht.

Berechnung:

$$\log E = 0{,}34294—2$$
$$\log m = 2{,}48001$$
$$\log T_a = 2{,}44429$$
$$10 — \log b_a = 7{,}12709—10$$
$$\log n = 0{,}39532$$
$$n = 2{,}485 \text{ Sec.-Cal.}$$

Um jetzt aus der zum Abschlusse gebrachten ersten Versuchsreihe Schlüsse ziehen zu können bezüglich der Wärmeproduction und Wärmeabgabe der Kaninchen bei verschiedener Umgebungstemperatur, will ich sämmtliche Versuche, beginnend von der niedrigsten Temperatur, bei der die Experimente ausgeführt wurden, in übersichtlicher Zusammenstellung anführen.

Zur besseren Orientirung sei erwähnt, dass in der ersten Columne der folgenden Tabelle der Stand der beiden, in die zwei Cylindersysteme eingesenkten Thermometer verzeichnet ist, darunter der Thermometerstand des benützten Systemes zur Zeit des grössten Manometerausschlages, in diesem Falle des rechten, in der zweiten Columne die höchste Differenz der Flüssigkeitssäule in den beiden Manometerschenkeln, in der dritten die Wärmeproduction des Thieres in Secundencalorien ausgedrückt.

Thermometer-stand	Manometer-stand	Wärmeproduction
3,8—3,9 10,7	315	2,550 Sec.-Cal.
4,0—4,7 10,8	290	2,363 „
6,0—6,1 13,0	325	2,268 „
6,9—7,0 12,8	260	2,109 „
8,2—8,4 15,9	221	1,827 „
9,0—9,2 15,3	210	1,750 „
10,7—10,8 14,9	184	1,580 „
11,5—11,6 15,8	185	1,600 „
11,7—11,8 20,1	219	1,659 „
13,2—13,3 18,8	177	2,393 „
14,2—14,3 19,3	302	2,485 „
15,2—15,3 24,2	295	2,575 „
16,7—17,1 24,1	296	2,541 „
18,5—19,0 25,3	300	2,550 „
21,2—21,3 25,9	329	2,794 „

Betrachten wir nun vorstehende Zusammenstellung der einzelnen Versuchsresultate, so sehen wir sofort, dass das Mass der Wärmeproduction und Wärmeabgabe des Thieres bei verschiedener Temperatur ein wesentlich anderes ist.

So sehen wir, dass die Wärmeproduction bei 3,8° C. vollständig gleich ist der Wärmeproduction bei 18,5° C., während sie bei einer Temperatur von 10,7° C. gegenüber den angeführten Temperaturen um beiläufig 1 Secundencalorie differirt.

Die Wärmeproduction hängt also nach der vorstehenden Tabelle von der Umgebungstemperatur in bedeutendem Masse

ab, und zwar kommt sie sich annähernd gleich bei sehr hoher und sehr niedriger Temperatur der Umgebungsluft, nimmt dagegen ziemlich gleichmässig, sowohl ab- wie aufsteigend gegen eine Temperatur hin, die bei diesen Experimenten zwischen 9,0°—11,0° C. liegt, ab.

Fassen wir nun das Resultat der vorliegenden Experimente zusammen, so können wir sagen:

Die Wärmeproduction des thierischen Organismus bei verschiedener Temperatur in der Umgebung unterliegt einem bestimmten Gesetze; dieselbe ist bei einer gewissen Temperatur am geringsten unter sonst gleichen Verhältnissen, und steigt von hier aus sowohl ab- wie aufwärts ziemlich gleichmässig an.

Nachdem so die oben angeführten Versuche zu einem befriedigenden Resultate geführt, versuchte ich zu ermitteln, ob und welchen Einfluss plötzliche Temperaturwechsel auf die Wärmeerzeugung des Thieres ausüben.

Es wurde nämlich das Calorimeter ganz unverändert mit dem Thiere vom geheizten in's ungeheizte beziehungsweise vom ungeheizten in's geheizte Zimmer übergeführt.

Dabei gelangte ich zu einem ganz sonderbaren Ergebniss.

Es sollen hier nur kurz zwei Versuche Erwähnung finden. Morgens 9 Uhr machte ich bei einer Zimmertemperatur von 9,0° C. ein Experiment in der bisherigen Weise; das Thermometer im rechten Cylindersystem stand auf 9,2° C., das im linken auf 9,0°. Der Versuch führte, wie nicht anders zu erwarten, zu demselben Resultate wie die bisherigen.

10 Uhr 40 Minuten stand das rechte Thermometer auf 15,1° C., das linke noch auf 9,0° C., der definitive Manometerausschlag betrug 221 mm. Das Calorimeter wurde jetzt in ein Zimmer mit der Temperatur — 1,5° C. gebracht. Die beiden Thermometer sanken jetzt sofort und gleichmässig und bis 5 Uhr 20 Minuten stand das rechte Thermometer auf 6,8° C., das linke auf — 1,3° C.; die Flüssigkeitssäule stand in beiden Manometerschenkeln gleich hoch, nachdem sie von dem Momente ab, wo das Calorimeter in das kalte Zimmer gebracht worden, langsam aber stetig gesunken war, und nun gab es einen negativen Ausschlag, d. h. die Flüssigkeit stieg im rechten und sank im linken Schenkel; Abends 9 Uhr, also nach 10 Stunden, betrug die negative Manometerdifferenz 66 mm. Solcher Versuche wurden noch drei ausgeführt, die im Wesentlichen dasselbe ergaben.

Zu ähnlichem Resultate führten die umgekehrten Versuche, wenn nämlich das Calorimeter vom kalten in's warme Zimmer gebracht wurde.

Auch davon will ich einen anführen.

Die beiden Thermometer standen Morgens 8 Uhr bei Beginn des Versuches auf 3,5° C., bezw. 3,7° C. Nach 60 Minuten war das Maximum des Manometerausschlages mit 315 mm Differenz erreicht. Das rechte Thermometer stand auf 10,6° C., das linke auf 3,8° C. Das Calorimeter wurde nun in ein geheiztes Zimmer gebracht mit einer Temperatur von 12,4° C. Die Quecksilbersäule stieg sofort in beiden Thermometern. Um 3 Uhr 40 Minuten erreichte sie ihren Stillstand, im linken mit 12,7° C., im rechten mit 16,9° C. Der Manometerstand war um diese Zeit gleich. Mit dem Zimmerwechsel trat wie bei dem vorher erwähnten Versuche sofort ein Sinken im rechten, und Steigen im linken Schenkel ein. Nachdem der Manometergleichstand erreicht war, trat wieder ein negativer Ausschlag ein, der um 8 Uhr 20 Minuten 127 mm betrug.

Diese sonderbaren Erscheinungen konnten nur einer regelwidrigen Luftströmung zugeschrieben werden, indem bei Ueberführung in das kalte Zimmer der innere Hohlraum zu sehr abgekühlt und umgekehrt beim Ueberführen in's geheizte zu sehr erwärmt wurde. Um diesem Uebelstande abzuhelfen, wurde der Apparat nach Angabe des Herrn Prof. Dr. J. Rosenthal in zweckentsprechender Weise abgeändert, und zwar nach Analogie der Einrichtung, welche er an seinem grossen Calorimeter angebracht hat.[1])

Um die Wärmeabgabe von Seite des Calorimeters an die umgebende Luft möglichst zu verringern, wurde der für die Aufnahme des Thieres bestimmte Raum an beiden Cylindersystemen von der Aussentemperatur durch zwei von einer 0,4 cm weiten Röhre durchbohrte Doppelscheiben von Eisenblech abgeschlossen. Der Zwischenraum zwischen den beiden Platten war mit Werg, also einem sehr schlechten Wärmeleiter, ausgefüllt. Damit die Doppelscheiben möglichst luftdicht an der Innenfläche des ersten Cylinderraumes anliegen können, wurden dieselben mit breiten Gummibändern umwickelt. Letztere wurden mit Schnüren an den Scheiben befestigt. Da aber die, die Platten

1) Vgl. Archiv für Anatomie und Physiologie. Physiol. Abthlg. 1889, S. 1 ff.

durchsetzende Oeffnung natürlich völlig unzureichende wäre, für das Thier die genügende Menge Luft beizuschaffen, so wurde die Ventilation vermittels einer Bunsen'schen Wassersaugpumpe hergestellt. Zunächst wurde in den inneren Cylinderraum eine etwa 0,5 cm im Durchmesser haltende, am hinteren Ende zu einer Spirale aufgewundene Messingröhre eingeschoben und in dem Cylinder angelöthet. Soll nun mit diesem etwas modificirten Apparat ein Versuch angestellt werden, so bringt man das Thier in den Cylinder, schliesst die Hähne, bringt die mit Werg ausgestopfte Doppelscheibe ein und befestigt dieselbe mittels einer Vorrichtung am Apparate. Vorher hat man natürlich, um dem Thiere genügend Luft zuführen zu können, das äussere Ende des Messingrohres mit der an einem Wasserhahne befestigten Wasserluftpumpe in Verbindung gesetzt und die Wasserleitung geöffnet. Mit dem Oeffnen der letzteren wird sofort durch die in der Doppelscheibe befindliche kurze Röhre Luft von aussen in den Aufenthaltsraum der Thiere eingesogen, von hier aus weiter in die spiralig aufgewundene Messingröhre, in den diese mit der Pumpe in Verbindung setzenden Gummischlauch und endlich in die Saugwasserpumpe, wo sie mit dem Wasser nach Aussen gerissen wird.

Damit nun der das Calorimeter passirende Luftstrom ein möglichst gleichmässiger sei, wurde zwischen Pumpe und Apparat ein die Stärke des Luftstromes regulirender Ventilapparat in den Verbindungsgummischlauch eingeschaltet. Daneben war die Stärke der Luftzufuhr noch weiter geregelt durch eine zwischen Ventilationsapparat und Calorimeter angebrachte Klemmschraube, die ein für allemal von diesem Momente an unverändert blieb.

Ausser diesen Regulirungsvorrichtungen wurde noch weiter eingeschaltet ein Glas mit doppelt durchbohrtem Verschluss.

Durch die beiden Bohrungen gehen zwei gebogene Glasröhren, durch welche die Luft, da sie mit dem Gummischlauche in Verbindung stehen, streichen muss. Dieses Glas soll verhüten, dass etwa Wasser von der Pumpe her gegen das Calorimeter zu strömen käme, wie es vorkommt, wenn das aus der Pumpe strömende Wasser in seinem Abflusse mehr oder weniger gehindert ist.

Mit diesem so abgeänderten Apparate gelang es nun, wie wir oben sehen werden, sehr gut, Aufschluss zu bekommen über das Verhalten der Wärmeproduction und -abgabe der Kaninchen bei plötzlichem Wechsel der Temperatur, sowohl vom kalten

in's warme Zimmer, wie vom warmen in's kalte. Bevor ich jedoch die Versuche mit plötzlichem Wechsel der Temperatur machte, stellte ich eine der ersten ganz analoge Reihe an. Dieselbe soll nun zunächst angeführt werden. Wir werden sehen, dass sich das für die erste Versuchsreihe geltende Gesetz auch hier bestätigt.

Nach der Aufführung der einzelnen Versuche werde ich wieder eine übersichtliche Zusammenstellung des Resultates geben.

Was nun die Berechnung dieser Experimente anlangt, so unterscheidet sie sich von der Berechnung der, der ersten Versuchsreihe angehörigen dadurch, dass hier der Factor E in Folge der Abänderung des Apparates sich nicht gleich geblieben ist. Es müsste dieser Factor also neu bestimmt werden.

Da Herr Prof. Dr. Rosenthal fand, dass man dem wahren Werthe Wärmeproduction ziemlich nahe kommt, wenn man von dem mit Beibehaltung des bisherigen Factors E gefundenen Resultate ein drittel subtrahirt, so wurde dies überall durchgeführt. Es kommt ja auch auf die ganz genaue Berechnung weniger an; die Hauptsache ist die Vergleichung der Tabellen und der Versuche unter einander; das Verhältniss der letzteren zu einander bleibt ja doch immer dasselbe, da von einem Resultat genau so viel subtrahirt wurde, wie vom andern.

Ich will nun die Versuche einzeln wieder in der Reihenfolge anführen, in der dieselben gemacht wurden.

II. Versuchsreihe.

I. Versuch

im ungeheizten Zimmer angestellt.

Barometerstand 747. Temperatur des Barometers 14,8° C.

Zeit	Rechtes Thermometer	Linkes Thermometer	Manometerstand
3h 00″	4,7	4,5	—
3 10	4,7	9,9	193
3 20	4,7	13,1	258
3 30	4,8	14,9	279
3 40	4,8	15,2	295
3 50	4,8	15,6	340
4 00	4,8	15,9	412
4 10	4,9	16,1	447
4 20	4,9	16,2	461
4 30	4,9	16,2	461
4 40	4,9	16,2	461

Das Maximum des Manometerstandes nach 80 Minuten erreicht.

Berechnung:

$$\log E = 0{,}34294 - 2$$
$$\log m = 2{,}66370$$
$$\log T_a = 2{,}44248$$
$$10 - \log b_a = 7{,}12784 - 10$$
$$\log n = 0{,}57696$$
$$n = 3{,}775 - 1{,}258 = 2{,}517 \text{ Sec.-Col.}$$

II. Versuch
im ungeheizten Zimmer angestellt.

Barometerstand 745. Temperatur des Barometers 14,1.

Zeit	Rechtes Thermometer	Linkes Thermometer	Manometer-stand
4h 30″	6,3	6,5	—
4 40	6,3	11,0	169
4 50	6,3	13,5	250
5 00	6,4	14,4	294
5 10	6,4	15,5	331
5 20	6,4	15,8	339
5 30	6,5	16,2	347
5 40	6,5	16,2	371
5 50	6,5	16,4	383
6 00	6,6	16,4	383
6 10	6,6	16,4	383

Das Maximum des Manometerstandes nach 80 Minuten erreicht.

Berechnung:

$$\log E = 0{,}34294 - 2$$
$$\log m = 2{,}58320$$
$$\log T_a = 2{,}44545$$
$$10 - \log b_a = 7{,}12901 - 10$$
$$\log n = 0{,}50060$$
$$n = 3{,}167 - 1{,}055 = 2{,}112 \text{ Sec.-Cal.}$$

III. Versuch
im ungeheizten Zimmer angestellt.
Barometerstand 749,5. Temperatur des Barometers 5,9.

Zeit	Rechtes Thermometer	Linkes Thermometer	Manometerstand
3h 00″	5,4	5,6	—
3 10	5,4	9.6	159
3 20	5,4	12,0	234
3 30	5,5	13,0	278
3 40	5,5	13,6	302
3 50	5,5	14,0	327
4 00	5,5	14,3	354
4 10	5,6	14,6	382
4 20	5,7	14,8	392
4 30	5,7	15,1	392
4 40	5,8	15,1	392

Das Maximum des Manometerstandes nach 80 Minuten erreicht.

Berechnung:
$$\log E = 0{,}34294 - 2$$
$$\log m = 2{,}59329$$
$$\log T_a = 2{,}44404$$
$$10 - \log b_a = 7{,}12914 - 10$$
$$\log n = 0{,}50941$$
$$n = 3{,}232 - 1{,}077 = 2{,}155 \text{ Sec.-Cal.}$$

IV. Versuch
im ungeheizten Zimmer angestellt.
Barometerstand 746. Temperatur des Barometers 8,7.

Zeit	Rechtes Thermometer	Linkes Thermometer	Manometerstand
3h 10″	8,4	8,5	—
3 20	8,4	12,2	126
3 30	8,5	14,5	205
3 40	8,7	16,7	258
3 50	9,1	17,9	282
4 00	9,2	18,3	301
4 10	9,2	18,5	319
4 20	9,2	18,7	327
4 30	9,3	18,9	340
4 40	9,3	18,9	340
4 50	9,3	18,9	340

Das Maximum des Manometerstandes nach 80 Minuten erreicht.

Berechnung:

$$\log E = 0{,}34294-2$$
$$\log m = 2{,}53148$$
$$\log T_a = 2{,}44824$$
$$10 - \log b_a = 7{,}12794-10$$
$$\log n = 0{,}45060$$
$$n = 2{,}822 - 0{,}941 = 1{,}881 \text{ Sec.-Cal.}$$

V. Versuch
im ungeheizten Zimmer angestellt.

Barometerstand 745. Temperatur des Barometers 15,1.

Zeit	Rechtes Thermometer	Linkes Thermometer	Manometerstand
3h 40″	9,8	10,0	—
3 50	9,8	14,4	178
4 00	9,9	16,7	248
4 10	9,9	17,7	294
4 20	9,9	18,0	313
4 30	9,9	18,1	322
4 40	10,1	18,3	329
4 50	10,3	18,4	334
5 00	10,4	18,4	338
5 10	10,5	18,4	338
5 20	10,5	18,4	338

Maximum des Manometerstandes nach 80 Minuten erreicht.

Berechnung:

$$\log E = 0{,}34294-2$$
$$\log m = 2{,}52892$$
$$\log T_a = 2{,}45086$$
$$10 - \log b_a = 7{,}12843$$
$$\log n = 0{,}45115$$
$$n = 2{,}826 - 0{,}942 = 1{,}884 \text{ Sec.-Cal.}$$

VI. Versuch
im geheizten Zimmer angestellt.
Barometerstand 745. Temperatur des Barometers 12,8.

Zeit	Rechtes Thermometer	Linkes Thermometer	Manometer-stand
12h 40″	12,4	12,5	—
12 50	12,4	15,2	135
1 00	12,4	16,1	205
1 10	12,4	17,2	251
1 20	12,5	17,8	274
1 30	12,5	18,3	291
1 40	12,5	18,8	306
1 50	12,5	19,1	315
2 00	12,5	19,9	322
2 10	12,5	20,1	329
2 20	12,5	20,8	332
2 30	12,5	21,0	332

Das Maximum des Manometerstandes nach 90 Minuten erreicht.

Berechnung:

$$\log E = 0{,}34294 - 2$$
$$\log m = 2{,}52114$$
$$\log T_a = 2{,}45484$$
$$10 - \log b_a = 7{,}12901$$
$$\log n = 0{,}45793$$
$$n = 2{,}870 - 0{,}957 = 1{,}913 \text{ Sec.-Cal.}$$

VII. Versuch
im geheizten Zimmer angestellt.
Barometerstand 733. Temperatur des Barometers 12,4.

Zeit	Rechtes Thermometer	Linkes Thermometer	Manometer-stand
2h 25″	11,7	11,8	—
2 35	11,8	14,0	100
2 45	11,8	16,8	180
2 55	12,0	19,0	261
3 05	12,1	20,1	306
3 15	12,2	20,5	325
3 25	12,3	20,9	329
3 35	12,4	21,0	336
3 45	12,4	21,0	336
3 55	12,4	21,0	336

Das Maximum des Manometerstandes nach 70 Minuten erreicht.

Berechnung:

$$\begin{aligned} \log E &= 0{,}34294 - 2 \\ \log m &= 2{,}52504 \\ \log T_a &= 2{,}45347 \\ 10 - \log b_a &= 7{,}13608 \\ \log n &= 0{,}45753 \end{aligned}$$

$$n = 2{,}868 - 0{,}956 = 1{,}912 \text{ Sec.-Cal.}$$

VIII. Versuch
im geheizten Zimmer angestellt.

Barometerstand 749. Temperatur des Barometers 12,9.

Zeit	Rechtes Thermometer	Linkes Thermometer	Manometer-stand
3h 50″	13,0	13,0	—
4 00	13,0	15,2	143
4 10	13,0	16,3	169
4 20	13,0	17,7	198
4 30	13,0	19,7	261
4 40	13,1	21,3	279
4 50	13,1	21,5	303
5 00	13,1	21,7	345
5 10	13,2	22,0	357
5 20	13,1	22,0	364
5 30	13,2	22,0	364
5 40	13,2	22,0	364

Das Maximum des Manometerstandes nach 90 Minuten erreicht.

Berechnung:

$$\begin{aligned} \log E &= 0{,}34294 - 2 \\ \log m &= 2{,}56110 \\ \log T_a &= 2{,}45271 \\ 10 - \log b_a &= 7{,}12668 \\ \log n &= 0{,}48343 \end{aligned}$$

$$n = 3{,}044 - 1{,}015 = 2{,}029 \text{ Sec.-Cal.}$$

IX. Versuch
im geheizten Zimmer angestellt.
Barometerstand 751. Temperatur des Barometers 15,0.

Zeit	Rechtes Thermometer	Linkes Thermometer	Manometer-stand
6h 00″	16,0	16,1	—
6 10	16,2	18,6	141
6 20	16,2	20.1	187
6 30	16,2	22,2	235
6 40	16,2	22,9	269
6 50	16,2	23,1	274
7 00	16,2	23,2	295
7 10	16,2	23,3	527
7 20	16,2	23,4	354
7 30	16,3	23,5	369
7 40	16,3	23,5	379
7 50	16,3	23,5	379

Das Maximum des Manometerstandes ist erreicht nach 90 Minuten.

Berechnung:

$$\log E = 0{,}34294 - 2$$
$$\log m = 2{,}57864$$
$$\log T_a = 2{,}45030$$
$$10 - \log b_a = 7{,}12552 - 10$$
$$\log n = 0{,}49740$$
$$n = 3{,}143 - 1{,}048 = 2{,}095 \text{ Sec.-Cal.}$$

X. Versuch
im ungeheizten Zimmer angestellt.
Barometerstand 739. Temperatur des Barometers 13,8.

Zeit	Rechtes Thermometer	Linkes Thermometer	Manometer-stand
3h 10″	7,7	7,6	—
3 20	7,7	11,0	174
3 30	7,7	13,3	250
3 40	7,7	15,2	288
3 50	7,7	16,0	315
4 00	7,7	16,5	335
4 10	7,7	16,6	344
4 20	7,7	16,8	346
4 30	7,7	16,8	348
4 40	7,7	17,0	356
4 50	7,7	17,0	356

Das Maximum des Manometerstandes nach 90 Minuten erreicht.

Berechnung:

$$\begin{aligned} \log E &= 0{,}34294 - 2 \\ \log m &= 2{,}55145 \\ \log T_a &= 2{,}44451 \\ 10 - \log b_a &= 7{,}13253 \\ \hline \log n &= 0{,}47143 \end{aligned}$$

$$n = 2{,}961 - 0{,}987 = 1{,}974 \text{ Sec.-Cal.}$$

XI. Versuch
im geheizten Zimmer angestellt.

Barometerstand 749. Temperatur des Barometers 18,0.

Zeit	Rechtes Thermometer	Linkes Thermometer	Manometer-stand
10^h 35″	13,8	13,7	—
10 45	13,8	16,1	137
10 55	13,8	18,7	192
11 05	13,8	19,6	234
11 15	13,9	20,0	287
11 25	13,9	20,3	314
11 35	13,9	20,6	329
11 45	13,9	21,0	341
11 55	13,9	21,2	359
12 05	13,9	21,2	359

Das Maximum des Manometerstandes nach 80 Minuten erreicht.

Berechnung:

$$\begin{aligned} \log E &= 0{,}34294 - 2 \\ \log m &= 2{,}55509 \\ \log T_a &= 2{,}45652 \\ 10 - \log b_a &= 7{,}13668 \\ \hline \log n &= 0{,}49133 \end{aligned}$$

$$n = 3{,}100 - 1{,}033 = 2{,}067 \text{ Sec.-Cal.}$$

XII. Versuch
im geheizten Zimmer angestellt.
Barometerstand 749. Temperatur des Barometers 18,0.

Zeit	Rechtes Thermometer	Linkes Thermometer	Manometer-stand
5h 20″	19,0	19,0	—
5 30	19,0	22,5	194
5 40	19,0	24,1	237
5 50	19,0	25,0	298
6 00	19,0	25,6	357
6 10	19,1	25,9	383
6 20	19,2	26,0	412
6 30	19,2	26,3	423
6 40	19,2	26,4	437
6 50	19,2	26,4	437

Das Maximum des Manometerstandes erreicht nach 80 Minuten.

Berechnung:
$$\log E = 0{,}34294-2$$
$$\log m = 2{,}64048$$
$$\log T_a = 2{,}46479$$
$$10-\log b_a = 7{,}12668-10$$
$$\log n = 0{,}57489$$
$$n = 3{,}758 - 1{,}253 = 2{,}505 \text{ Sec.-Cal.}$$

XIII. Versuch
im geheizten Zimmer angestellt.
Barometerstand 747. Temperatur des Barometers 18,8.

Zeit	Rechtes Thermometer	Linkes Thermometer	Manometer-stand
2h 20″	20,5	20,2	—
2 30	20,5	22,8	198
2 40	20,5	24,2	235
2 50	20,5	24,8	303
3 00	20,5	25,8	364
3 10	20,5	26,1	379
3 20	20,5	26,4	432
3 30	20,6	26,5	443
3 40	20,6	26,8	447
3 50	20,6	26,8	452
4 00	20,6	26,9	452
4 10	20,6	26,9	452

Das Maximum des Manometerstandes erreicht nach 80 Minuten.

Berechnung: $\log E = 0{,}34294 - 2$

$\log m = 2{,}65514$

$\log T_a = 2{,}46702$

$10 - \log b_a = 7{,}12784$

$\log n = 0{,}59294$

$n = 3{,}917 - 1{,}306 = 2{,}611$ Sec.-Cal.

Ich werde nun nach der jetzt zum Abschlusse gebrachten II. Versuchsreihe, ebenso wie bei der I., die einzelnen Experimente mit ihren Resultaten in einer Tabelle zusammenstellen, und wir werden dann sehen, ob das aus der ersten Reihe abgeleitete Gesetz auch hier zutrifft.

Die Zusammenstellung der Versuche zur Tabelle ist ebenso angeordnet wie früher.

Thermometer-stand	Manometer-stand	Wärmeproduction
4,5—4,7 16,2	461	2,484 Sec.-Cal.
5,4—5,6 16,4	392	2,155 „
6,3—6,5 16,4	383	2,122 „
7,5—7,6 17,0	356	1,974 „
8,4—8,5 18,9	340	1,881 „
9,8—10,0 18,4	338	1,884 „
11,7—11,8 21,0	335	1,912 „
12,4—12,5 21,0	332	1,913 „
13,0—13,0 22,0	364	2,029 „
13,7—13,8 21,2	359	2,077 „
16,0—16,1 23,5	379	2,095 „
19,0—19,4 26,4	437	2,505 „
20,2—20,5 26,9	452	2,611 „

Fassen wir das Resultat dieser Versuchsreihe zusammen, so ergiebt sich ganz das gleiche Gesetz wie bei der ersten. Wir haben das höchste Maass von Wärmeproduction bei sehr hoher und sehr niedriger Temperatur. Manometerstand und Wärmeproduction fallen, ab- wie aufwärts steigend, von sehr hoher und sehr niedriger Temperatur gegen einen gewissen Thermometerstand hin.

Für die 1. Versuchsreihe fanden wir die Wärmeproduction am geringsten bei einer Temperatur von 9,0—11,0; hier fanden wir als Temperatur, bei der die Wärmeproduction am geringsten ist, 8,0°—10,0° C., also um einen Grad verschoben. Diese Verschiebung beruht vielleicht zum Theil auf der Abänderung des Apparates; aber sie kann auch von dem Zustande des Thiers bedingt sein. Jedenfalls sind die Angaben des veränderten Apparates zuverlässiger, da Fehler der Abkühlung des Apparates von innen vermieden sind.

Nachdem sich so ergeben, dass die am Apparate vorgenommene Modification keine wesentliche Aenderung des Resultates herbeiführt, wollen wir jetzt untersuchen, ob sich mit dem verbesserten Calorimeter feststellen lässt, ob und welchen Einfluss der plötzliche Temperaturwechsel auf die Wärmeproduction und Wärmeabgabe ausübt.

Die Versuche wurden in der bisherigen Weise angestellt und dann das Calorimeter in ein Zimmer von anderer Temperatur übergeführt.

Die zwischen beiden Zimmern befindliche Wand wurde, um die Ventilation in derselben Art rasch herstellen zu können, durchbohrt und auf beiden Seiten derselben Messinghähne angebracht. Man hatte also nur den das Calorimeter mit der Wassersaugpumpe verbindenden Gummischlauch an dem entsprechenden Hahne zu befestigen, den andern zu schliessen, so war die Ventilation wieder hergestellt.

Wir wollen nun sehen, was diese Versuche ergeben.

III. Versuchsreihe.

I. Versuch.

Ungeheiztes Zimmer — geheiztes Zimmer.

Barometerstand 739. Temperatur des Barometers 13,2.

Zeit	Rechtes Thermometer	Linkes Thermometer	Manometer-stand
8h 30″	3,7	3,9	—
8 40	3,7	6,3	213
8 50	3,7	8,2	267
9 00	3,7	9,8	298
9 10	3,7	10,5	360
9 20	3,8	11,7	402
9 30	3,8	12,6	447
9 40	3,9	13,9	475
9 50	3,9	14,0	482
10 00	3,9	14,1	489
10 10	3,9	14,2	489
10 20	3,9	14,2	489

Der Apparat wurde nun in ein Zimmer mit der Temperatur von 13,5° C. gebracht.

10h 30″	5,7	14,9	497
10 40	9,2	15,3	479
10 50	10,5	15,8	462
11 00	11,2	16,2	389
11 10	11,9	17,0	374
11 20	12,3	18,1	367
11 30	12,8	19,4	359
11 40	13,5	19,9	359
11 50	13,7	19,9	359

Das Maximum des Manometerstandes ist im ersten Theile des Versuches erreicht nach 90 Minuten; im zweiten Theile tritt Stillstand des Manometers nach 60 Minuten ein.

Berechnung zum ersten Theile:

$$\log E = 0{,}34294 - 2$$
$$\log T_a = 2{,}44138$$
$$10 - \log b_a = 7{,}13253 - 10$$
$$9{,}91085 - 12$$
$$\log m = 2{,}68931$$
$$\log n = 0{,}60616$$
$$n = 4{,}038 - 1{,}346 = 2{,}692 \text{ Sec.-Cal.}$$

Um die Berechnung der Versuche zu vereinfachen, wurde hier der log E, log T_a und log $10 - b_a$, die ja constant bleiben, zuerst addirt und dazu dann der veränderliche log m.

Berechnung zum zweiten Theile:

$$\log E + \log T_a + 10 - \log b_a = 9{,}91085 - 12$$
$$\log m = 2{,}55509$$
$$\log n = 0{,}47194$$
$$n = 2{,}964 - 0{,}988 = 1{,}976 \text{ Sec.-Cal.}$$

II. Versuch

Ungeheiztes Zimmer — geheiztes Zimmer.

Barometerstand 740. Temperatur des Barometers 14,7.

Zeit	Rechtes Thermometer	Linkes Thermometer	Manometer-stand
2h 00″	5,0	5,2	—
2 10	5,0	9,0	178
2 20	5,0	11,8	199
2 30	5.0	12,7	223
2 40	5,0	13,3	247
2 50	5,1	14,0	276
3 00	5,1	14,3	306
3 10	5,2	14,7	337
3 20	5,2	14,9	378
3 30	5,2	15,0	418
3 40	5,2	15,0	422
3 50	5,2	15,0	422

Das Maximum des Manometerstandes erreicht nach 90 Minuten.

Der Apparat wird in ein Zimmer mit der Temperatur von 14,4° C. gebracht.

4h 00″	6,5	16,0	408
4 10	9,9	16,7	387
4 20	10,4	17,1	375
4 30	10,9	17,8	369
4 40	11,7	18,4	365
4 50	12,5	19,0	361
5 00	13,6	19,5	359
5 10	14,1	20,0	362
5 20	14,7	20,7	359
5 30	14,7	21,4	359
5 40	14,7	21,4	359

Stillstand des Manometers tritt ein nach 70 Minuten.

Berechnung zum ersten Theile:

$$\begin{aligned} \log E &= 0{,}34294 - 2 \\ \log T_a &= 2{,}44342 \\ 10 - \log b_a &= 7{,}13194 - 10 \\ & \quad 9{,}91830 - 12 \\ \log m &= 2{,}62513 \\ \log n &= 0{,}54361 \end{aligned}$$

$$n = 3{,}496 - 1{,}165 = 2{,}331 \text{ Sec.-Cal.}$$

Berechnung zum zweiten Theile:

$$\begin{aligned} \log E + \log T_a + 10 - \log b_a &= 9{,}91830 - 12 \\ \log m &= 2{,}55509 \\ \log n &= 0{,}47339 \end{aligned}$$

$$n = 2{,}974 - 0{,}991 = 1{,}983 \text{ Sec.-Cal.}$$

III. Versuch

Ungeheiztes Zimmer — geheiztes Zimmer.

Barometerstand 737. Temperatur des Barometers 13,2.

Zeit	Rechtes Thermometer	Linkes Thermometer	Manometer-stand
3h 00″	7,2	7,3	—
3 10	7,2	11,4	179
3 20	7,2	12,5	223
3 30	7,2	14,7	261
3 40	7,2	15,2	298
3 50	7,5	15,8	343
4 00	7,5	16,3	347
4 10	7,5	16,7	352
4 20	7,5	16,9	361
4 30	7,5	16,9	361
4 40	7,5	16,9	361

Das Maximum des Manometerstandes ist nach 80 Minuten erreicht.

Der Apparat wird in ein Zimmer mit der Temperatur von 13,4 ° C. gebracht.

Zeit	Rechtes Thermometer	Linkes Thermometer	Manometer-stand
4h 50″	8,6	17,5	349
5 00	9,4	17,9	327
5 10	9,9	18,2	302
5 20	10,7	18,7	324
5 30	11,4	19,4	341
5 40	12,0	20,0	359
5 50	12,6	20,7	365
6 00	13,1	21,3	367
6 10	13,4	22,1	370
6 20	13,6	22,8	374
6 30	13,6	22,8	374
6 40	13,6	22,8	374

Stillstand des Manometers tritt ein nach 90 Minuten.

Berechnung zum ersten Theil:

$$\log E = 0{,}34294-2$$
$$\log T_a = 2{,}45606$$
$$10-\log b_a = 7{,}13371-10$$
$$9{,}93271-12$$
$$\log m = 2{,}55751$$
$$\log n = 0{,}49022$$
$$n = 3{,}092 - 1{,}031 = 2{,}061 \text{ Sec.-Cal.}$$

Berechnung zum zweiten Theil:

$$\log E + \log T_a + 10 - \log b_a = 9{,}93271-12$$
$$\log m = 2{,}57287$$
$$\log n = 0{,}50558$$
$$n = 3{,}103 - 1{,}034 = 1{,}969 \text{ Sec.-Cal.}$$

IV. Versuch

Ungeheiztes Zimmer — geheiztes Zimmer.

Barometerstand 742. Temperatur des Barometers 15,8.

Zeit	Rechtes Thermometer	Linkes Thermometer	Manometer-stand
2h 00″	8,9	9,2	—
2 10	8,9	12,7	112
2 20	8,9	14,3	189
2 30	8,9	16,4	247

Zeit	Rechtes Thermometer	Linkes Thermometer	Manometer-stand
2h 40″	8,9	17,7	272
2 50	9,0	18,1	289
3 00	9,0	18,4	315
3 10	9,0	18,8	327
3 20	9,0	19,0	339
3 30	9,1	19,0	343
3 40	9,1	19,0	343
3 50	9,1	19,0	343

Das Maximum des Manometerstandes nach 90 Minuten erreicht.

Der Apparat wird in ein Zimmer mit der Temperatur 16,4° C. gebracht.

4h 00″	10,2	19,9	302
4 10	11,4	20,6	289
4 20	12,7	21,2	277
4 30	13,9	21,9	337
4 40	14,6	22,3	348
4 50	15,7	23,9	361
5 00	16,0	24,0	368
5 10	16,6	24,3	379
5 20	16,7	24,5	382
5 30	16,7	24,7	382
5 40	16,7	24,7	382

Stillstand des Manometers tritt ein nach 80 Minuten.

Berechnung zum ersten Theile:

$$\log E = 0{,}34294 - 2$$
$$\log T_a = 2{,}44948$$
$$10 - \log b_a = 7{,}13077 - 10$$
$$9{,}92319 - 12$$
$$\log m = 2{,}55529$$
$$\log n = 0{,}45748$$
$$n = 2{,}867 - 0{,}956 = 1{,}909 \text{ Sec.-Cal.}$$

Berechnung zum zweiten Theile:

$$\log E + \log T_a + 10 - \log b_a = 9{,}92319 - 12$$
$$\log m = 2{,}58206$$
$$\log n = 0{,}50525$$
$$n = 3{,}201 - 1{,}067 = 2{,}134 \text{ Sec.-Cal.}$$

V. Versuch

Geheiztes — Ungeheiztes Zimmer.

Barometerstand 742. Temperatur des Barometers 12,5.

Zeit	Rechtes Thermometer	Linkes Thermometer	Manometer-stand
1h 00″	12,7	12,9	—
1 10	12,7	14,7	137
1 20	12,7	15,2	154
1 30	12,7	16,1	189
1 40	12,7	17,5	251
1 50	12,8	17,9	287
2 00	12,8	19,1	327
2 10	12,9	20,0	342
2 20	12,9	20,9	353
2 30	12,9	21,3	353
2 40	12,9	21,3	353

Das Maximum des Manometerstandes tritt ein nach 80 Minuten.

Der Apparat wird in ein Zimmer mit 4,0 ° C. gebracht:

2h 50″	12,1	20,0	362
3 00	11,7	18,8	377
3 10	11,0	17,4	386
3 20	10,3	16,9	391
3 30	9,4	16,3	394
3 40	8,2	16,0	402
3 50	7,6	15,7	417
4 00	5,4	15,2	432
4 10	4,3	14,6	448
4 20	4,1	14,1	457
4 30	4,0	13,9	465
4 40	4,0	13,7	465
4 50	4,0	13,7	465

Stillstand des Manometerstandes tritt ein nach 90 Minuten.

Berechnung zum ersten Theile:

$$\log E = 0{,}34294 - 2$$
$$\log T_a = 2{,}45530$$
$$10 - \log b_a = 7{,}13177 - 10$$
$$\overline{9{,}93001 - 12}$$
$$\log m = 2{,}54777$$
$$\overline{\log n = 0{,}47778}$$
$$n = 3{,}004 - 1{,}001 = 2{,}003 \text{ Sec.-Cal.}$$

Berechnung zum zweiten Theile:

$$\log E + \log T_a + 10 \log b_a = 9{,}93001 - 12$$
$$\log m = 2{,}66745$$
$$\log n = 0{,}59746$$
$$n = 3{,}958 - 1{,}319 = 2{,}639 \text{ Sec.-Cal.}$$

VI. Versuch

Geheiztes Zimmer — ungeheiztes Zimmer.

Barometerstand 743. Temperatur des Barometers 8,9.

Zeit	Rechtes Thermometer	Linkes Thermometer	Manometer-stand
1h 40″	9,0	9,2	—
1 50	9,0	10,4	159
2 00	9,0	11,7	227
2 10	9,0	12,2	279
2 20	9,0	12,9	298
2 30	9,0	13,5	309
2 40	9,1	14,3	329
2 50	9,1	15,0	332
3 00	9,1	16,1	337
3 10	9,1	17,2	337
3 20	9,1	18,2	337
3 30	9,1	18,2	337

Das Maximum des Manometerstandes tritt ein nach 80 Minuten.

Der Apparat wird in ein Zimmer mit 3,7° C. gebracht.

3h 40″	8,8	17,3	353
3 50	8,3	16,5	349
4 00	7,4	15,9	362
4 10	6,9	15,4	375
4 20	6,3	14,8	392
4 30	5,7	14,2	411
4 40	5,0	13,7	423
4 50	4,2	13,1	439
5 00	3,9	12,7	452
5 10	3,7	12,5	469
5 20	3,6	12,3	482
5 30	3,6	12,3	487
5 40	3,6	12,3	487

Stillstand des Manometers tritt ein nach 90 Minuten.

Berechnung zum ersten Theil:

$$\begin{aligned} \log E &= 0{,}34294 - 2 \\ \log T_a &= 2{,}44963 \\ 10 - \log b_a &= 7{,}12950 - 10 \\ & \quad 9{,}92207 - 12 \\ \log m &= 2{,}52763 \\ \log n &= 0{,}44970 \end{aligned}$$

$$n = 2{,}817 - 0{,}939 = 1{,}878 \text{ Sec.-Cal.}$$

Berechnung zum zweiten Theil:

$$\begin{aligned} \log E + \log T_a + 10 - \log b_a &= 9{,}92207 - 12 \\ \log m &= 2{,}68753 \\ \log n &= 0{,}60960 \end{aligned}$$

$$n = 4{,}070 - 1{,}357 = 2{,}713 \text{ Sec.-Cal.}$$

VII. Versuch

Geheiztes Zimmer — Ungeheiztes Zimmer.

Barometerstand 741. Temperatur des Barometers 15,3.

Zeit	Rechtes Thermometer	Linkes Thermometer	Manometer-stand
3h 00″	15,6	15,9	—
3 10	15,6	16,7	137
3 20	15,6	17,2	179
3 30	15,6	17,8	225
3 40	15,6	18,5	254
3 50	15,6	19,1	281
4 00	15,7	19,7	323
4 10	15,7	20,8	342
4 20	15,7	22,0	361
4 30	15,7	23,1	372
4 40	15,7	23,7	372
4 50	15,7	23,7	372

Das Maximum des Manometerstandes ist erreicht nach 90 Minuten.

Der Apparat wird in ein Zimmer von 5,2° C. gebracht.

Zeit	Rechtes Thermometer	Linkes Thermometer	Manometer-stand
5h 00″	14,6	22,9	384
5 10	13,5	22,1	391
5 20	12,9	21,0	378
5 30	12,2	20,2	372
5 40	11,9	19,4	389
5 50	10,2	18,1	396
6 00	9,3	17,6	382
6 10	8,1	17,0	391
6 20	7,3	16,4	397
6 30	6,4	15,9	390
6 40	5,3	15,7	398
6 50	5,3	15,5	398
7 00	5,3	15,5	398

Stillstand des Manometers tritt ein nach 90 Minuten.

Berechnung zum ersten Theile:

$$\log E = 0{,}34294 - 2$$
$$\log T_a = 2{,}45969$$
$$10 - \log b_a = 7{,}13136 - 10$$
$$9{,}93399 - 12$$
$$\log m = 2{,}57057$$
$$\log n = 0{,}50453$$
$$n = 3{,}105 - 1{,}035 = 2{,}070 \text{ Sec.-Cal.}$$

Berechnung zum zweiten Theile:

$$\log E + \log T_a + 10 - \log b_a = 9{,}93399 - 12$$
$$\log m = 2{,}59988$$
$$\log n = 0{,}53387$$
$$n = 3{,}419 - 1{,}139 = 2{,}280 \text{ Sec.-Cal.}$$

VIII. Versuch

Geheiztes Zimmer — Ungeheiztes Zimmer.

Barometerstand 739. Temperatur des Barometers 18,2.

Zeit	Rechtes Thermometer	Linkes Thermometer	Manometer-stand
2h 20″	18,4	18,5	—
2 30	18,4	19,4	147
2 40	18,4	20,1	159

Zeit	Rechtes Thermometer	Linkes Thermometer	Manometer-stand
2^h 50″	18,4	20,9	168
3 00	18,4	21,7	198
3 10	18,4	22,6	213
3 20	18,4	23,6	256
3 30	18,5	24,5	298
3 40	18,5	25,2	378
3 50	18,5	25,7	410
4 00	18,5	25,7	410
4 10	18,5	25,7	410

Das Maximum des Manometerstandes ist nach 90 Minuten erreicht.

Der Apparat wird in ein Zimmer von der Temperatur mit 4,2° C. gebracht.

4^h 20″	17,2	25,0	422
4 30	16,5	24,2	437
4 40	15,3	23,4	448
4 50	14,7	22,1	439
5 00	14,0	21,0	432
5 10	13,2	20,3	427
5 20	12,8	19,5	438
5 30	12,0	18,9	451
5 40	11,3	18,1	447
5 50	10,2	17,2	454
6 00	9,7	16,5	459
6 10	9,6	16,2	459
6 20	9,6	16,2	459

Stillstand des Manometers tritt ein nach 90 Minuten.

Berechnung zum ersten Theil:

$$\begin{aligned} \log E &= 0{,}34294 - 2 \\ \log T_a &= 2{,}46389 \\ 10 - \log b_a &= 7{,}13253 - 10 \\ \hline & 9{,}94936 - 12 \\ \log m &= 2{,}61278 \\ \hline \log n &= 0{,}56214 \end{aligned}$$

$$n = 3{,}649 - 1{,}216 = 2{,}433 \text{ Sec.-Cal.}$$

Berechnung zum zweiten Theil:

$$\log E + \log T_a + 10 - \log b_a = 9{,}94936 - 12$$
$$\log m = 2{,}66181$$
$$\log n = 0{,}61117$$
$$n = 4{,}085 - 1{,}362 = 2{,}723 \text{ Sec.-Cal.}$$

Zusammenstellung
der letzten Versuchsreihe.

Temperatur		Producirte Wärme	Manometer-stand
Rechtes Thermometer	Linkes Thermometer		
7,3 7,5	7,3 16,9	2,061	361
Der Apparat wird in ein Zimmer mit der Temperatur 13,4° C. gebracht			
13,6	22,8	2,969	374
3,7 3,9	3,9 14,2	2,692	489
Der Apparat wird in ein Zimmer mit der Temperatur 13,5° C. gebracht			
13,7	19,9	1,976	359
5,0 5,2	5,2 15,9	2,331	422
Der Apparat wird in ein Zimmer mit der Temperatur 14,4° C. gebracht			
14,7	21,4	1,983	359
8,9 9,1	9,2 19,0	1,909	343
Der Apparat wird in ein Zimmer mit der Temperatur 16,4° C. gebracht			
16,7	24,7	2,134	382
12,7 12,9	12,9 21,3	2,003	353

*

Temperatur		Producirte Wärme	Manometer-stand
Rechtes Thermometer	Linkes Thermometer		
Der Apparat wird in ein Zimmer mit der Temperatur 4,0 ° C. gebracht			
4,0	13,7	2,639	465
9,0 9,1	9,2 18,2	1,878	337
Der Apparat wird in ein Zimmer mit der Temperatur 3,7 ° C. gebracht			
3,6	12,3	2,713	487
15,6 15,7	15,9 23,7	2,070	372
Der Apparat wird in ein Zimmer mit der Temperatur 5,2° C. gebracht			
5,3	15,5	2,280	398
18,4 18,5	18,5 25,7	2,443	410
Der Apparat wird in ein Zimmer mit der Temperatur 4,2° C. gebracht			
9,6	16,2	2,723	459

Betrachten wir nun vorstehende Tabelle, so sehen wir, dass das Resultat des ersten Theiles der Versuche das gleiche ist wie bisher.

Das höchste Maass von producirter Wärme haben wir bei sehr hoher und sehr niedriger Temperatur, es fällt wie bei allen vorhergehenden Versuchen hierauf gegen eine bestimmte Temperatur hin.

Wird nun, nachdem im ersten Zimmer das Manometer zum Stillstand gelangt ist, der Apparat in ein zweites mit anderer Temperatur gebracht, so tritt sofort eine Aenderung im Thermometerstande und Manometerstande ein, und zwar steigen, wie vorauszusehen, die Thermometer, wenn der Apparat vom kalten in's warme Zimmer gebracht wird; umgekehrt fallen sie, wenn er vom warmen in's kalte Zimmer gebracht.

Das rechte Thermometer stellt sich so ziemlich gleich mit dem Zimmerthermometer, der Stand des linken entspricht dem Maasse der producirten Wärme. Was den Manometerstand anlangt, so steigt derselbe, wenn der Apparat in ein Zimmer gebracht wird mit einer Temperatur, bei der sonst mehr Wärme producirt wird, als bei der Temperatur im ersten Zimmer. Das umgekehrte ist der Fall, wenn das Calorimeter von einer höheren in eine niedrigere Umgebungstemperatur, bei der sonst weniger Wärme producirt wurde, gebracht wird.

Wir sehen also, dass bei Zimmerwechsel der Apparat sich bezüglich des Thermometer- und Manometerstandes, sowie der Wärmeproduction der Temperatur des Zimmers, in welches er beim Wechsel gebracht wurde, anpasst.

Von dem zweiten Theile der dritten Versuchsreihe absehend, werde ich nun in folgendem, um ein übersichtliches Bild von dem Resultate sämmtlicher Experimente bekommen zu können, eine Tabelle zusammenstellen, in der die einander nahekommenden Temperaturen der einzelnen Versuchsreihen mit der entsprechenden Wärmeproduction aufgeführt sind.

I. Versuchsreihe		II. Versuchsreihe		III. Versuchsreihe	
Temperatur	Wärmeproduction	Temperatur	Wärmeproduction	Temperatur	Wärmeproduction
3,8—3,9	2,550	—	—	3,7—3,9	2,692
4,0—4,1	2,363	4,5—4,7	2,484	—	—
5,0—5,2	2,333	5,4—5,6	2,155	—	—
6,0—6,1	2,268	6,3—6,5	2,122	—	
6,9—7,0	2,109	7,5—7,6	1,974	—	—
8,2—8,4	1,827	8,4—8,5	1,881	8,9—9,2	1,909
9,0—9,2	1,750	9,8 - 10,0	1,884	9,0 —9,2	1,875
11,5—11,6	1,600	11,7 — 11,8	1,900	—	—
—	—	12,4—12,5	1,913	12,7—12,9	2,003
13,0—13,0	2,029	13,2—13,3	2,293	—	—
15,2—15,5	2,575	—	—	15,6—15,9	2,070
16,7 17,1	2,541	16,0—16,1	2,100	—	-
18,5—19,0	2,550	—	—	18,4—18,5	2,433
—	—	19,0—19,0	2,505	—	—
—	—	20,2—20,5	2,611	—	—
21,1—21,3	2,794	—	—	—	—

Aus dieser vorstehenden Tabelle ergibt sich für's erste das Gesetz, dass die Wärmeproduction der Kaninchen bei verschie-

dener Umgebungstemperatur sehr wechselt, und zwar erreicht sie, wie schon oben erwähnt, das höchste Maass bei sehr hoher und sehr niedriger Temperatur, und fällt bei einer bestimmten Temperatur, auf- wie abwärts steigend, zum Minimum herab.

Dieses Gesetz gilt für alle drei Versuchsreihen. Es kommen zwar, wie die Tabelle zeigt, einige Ausnahmen vor. So haben wir in der ersten Reihe bei einer Temperatur von 15,2—15,5° C. eine höhere Wärmeproduction als bei 16,7—17,1° und bei 18,5—19,0° C. Weiterhin haben wir in der zweiten Reihe bei einer Temperatur von 13,2—13,2° C. eine Wärmeproduction von 2,293 Sec.-Cal., bei 16,0—16,1° C. nur 2,100 Sec.-Cal. Eigentlich sollte man ja das Gegentheil erwarten. Doch ändern diese geringen Unterschiede an der allgemeinen Gültigkeit des oben aufgestellten Satzes nichts. Denn einerseits kommt es bei der ziemlich grossen Anzahl der Versuche nur 2 mal vor, andererseits bleibt der Allgemeinzustand des Thieres doch nicht immer der ganz gleiche.

Die Tabelle zeigt ferner, dass die Wärmeproduction in den drei Versuchsreihen bei annähernd gleicher Temperatur so ziemlich ein und dasselbe Maass erreicht.

Bezüglich der Verschiedenheiten kommt in Betracht auf der einen Seite die Veränderung des Apparates sowohl wie der Umstand, dass der Factor E für die zweite wie für die dritte Reihe nicht vollständig genau bestimmt ist.

Auf der anderen Seite ist zu berücksichtigen, dass die Grösse des Thieres sich auch geändert hat von der ersten bis zu den anderen Reihen, was ja nicht ausser Acht zu lassen ist, wie sich aus den von Herrn Professor Dr. J. Rosenthal mit gleichem Apparate angestellten Experimenten[1]) ergibt.

Die Betrachtung der Doppelversuche der dritten Reihe aber ergibt folgendes: Wird das Thier aus einer niederen Temperatur in eine mittlere gebracht, so sinkt die Wärmeproduction; sie steigt dagegen beim Uebergang von einer mittleren Temperatur zu einer niederen. Auch dieses ist in Uebereinstimmung mit dem, was wir aus den anderen Versuchen erschlossen haben.

Halten wir nun noch einen kurzen Ueberblick über die vorliegende Arbeit, so müssen wir sagen, dass der Apparat

1) Archiv für Anatomie und Physiologie. Physiol. Abtheilung, 1889, S. 1 ff.

vollständig seinem Zwecke entspricht, besonders in der etwas modificirten Form. Dies erweisen, abgesehen von den vorliegenden Versuchen, auch die, von Herrn Prof. Dr. Rosenthal damit angestellten Experimente über den Einfluss der Körpergrösse sowie der Ernährung auf die Wärmeproduction.

Was das Resultat der vorliegenden Versuche anlangt, so ist nur zu wiederholen, dass die Umgebungstemperatur einen sehr bedeutenden Einfluss auf die Wärmeproduction ausübt. In welcher Weise sich dieser Einfluss äussert, ist aus den obigen Erörterungen zu ersehen.

Es ist somit ein neues Moment gefunden, welches bezüglich der Wärmeregulirung in Betracht kommt. Dieselbe wird zum Theil auch durch die Aenderung der Wärmeproduction beeinflusst, aber nicht in so einfacher Weise, dass mit steigender Umgebungswärme die Wärmeproduction stetig abnimmt. Wenn trotzdem innerhalb der von uns untersuchten Grenzen die Eigenwärme der Thiere nahezu constant bleibt, was durch zahlreiche Versuche erwiesen ist, so kann die Regulirung nicht durch die Wärmeproduction allein zu stande kommen, sondern muss vorzugsweise oder ausschliesslich durch Anpassung der Wärmeabgabe an die äusseren Umstände erfolgen.

Damit seien die Untersuchungen über die Wärmeproduction der Kaninchen bei verschiedener Umgebungstemperatur geschlossen.

Es sei mir zum Schlusse noch gestattet, meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. J. Rosenthal, für die liebenswürdige Unterstützung, die er mir bei dieser Arbeit zu Theil werden liess, meinen innigsten Dank auszusprechen.

---

*